

***А. С. Ушакова, Н. А. Худякова, С. М. Илларионова, И. В. Нарыгина,
А. Г. Илларионов****

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

**a.g.illarionov@urfu.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук А. Г. Илларионов

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРИ ЗАКАЛКЕ В ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННОМ СПЛАВЕ VT22

Методами структурного анализа изучено изменение структуры, фазового состава в деформированных в $(\alpha+\beta)$ -области прутках из сплава VT22 в интервале температур закалки 820–870 °С.

Ключевые слова: титановый сплав, структура, закалка.

***A. S. Ushakova, N. A. Khudyakova, S. M. Illarionova, I. V. Narygina,
A. G. Illarionov***

FORMATION OF STRUCTURE IN HOT DEFORMED ALLOY VT22 AFTER QUENCHING

Effect of quenching temperature (820–870 °C) on the structure and phase composition of the alloy rods from the VT22 pre-deformed in the $(\alpha + \beta)$ -region was studied.

Keywords: titanium alloy, structure, quenching.

Сплав VT22 относится к высокопрочным титановым сплавам переходного класса, у которого формирование комплекса свойств во многом зависит от правильного выбора температуры нагрева под закалку [1] после горячей деформации. В связи с этим в работе проведено исследование влияния температуры закалки на формирование структуры горячедеформированного полуфабриката (прутка) из сплава VT22.

Материалом для исследования служили горячедеформированные в $(\alpha+\beta)$ -области прутки диаметром 15 мм, полученные на ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» из сплава VT22 следующего химического состава Ti–5,52Al–4,94Mo–4,86V–1,04Cr–1,11Fe–0,11O (мас. %). Прутки были подвергнуты следующей термообработке – нагрев до температур 820, 830, 840, 850, 860, 870 °С, выдержка 1 час, закалка в воду.

Анализ структуры, проведенный методом растровой электронной микроскопии, показал, что при температуре нагрева 820 °С в исходных вытянутых β -зернах возможно образование β -субзерен, которые, как и исходные β -зерна, окаймляют частицы первичной α -фазы (рис. 1, а). При

температуре нагрева 830 °С образование субзеренной структуры наблюдается почти во всех исходных β -зернах (рис. 1, б).

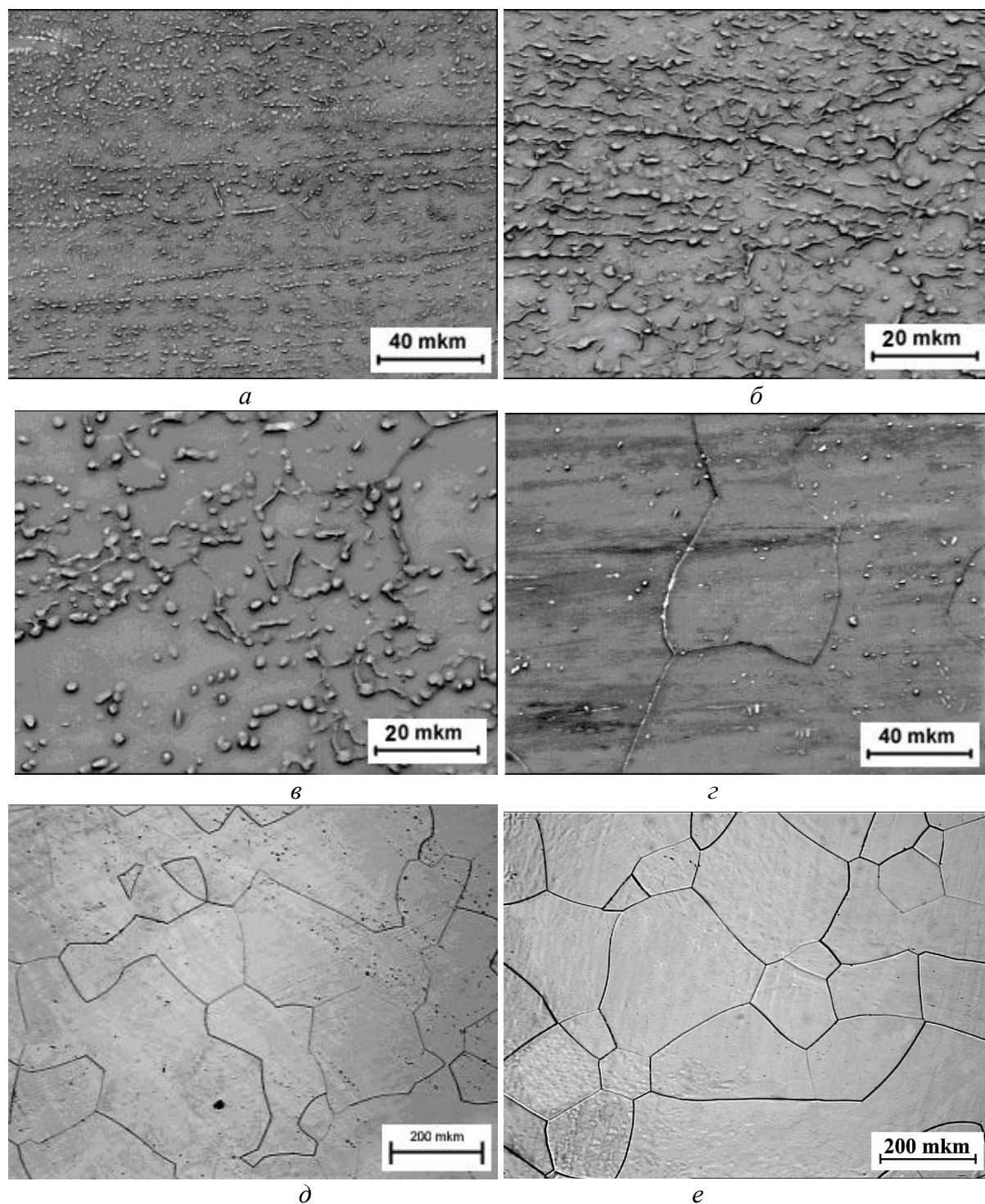


Рис. 1. Структура сплава ВТ22 после закалки с 820 (*a*), 830 (*б*), 840 (*в*), 850 (*г*), 860 (*д*), 870 °С (*е*)

После закалки с 840 °С фиксируются β -субзерена со средним размером около 10 мкм и идет коалесценция части β -субзерен, которые

формируют новое рекристаллизованное β -зерно, имеющее преимущественно равноосную форму, четкие границы (рис. 1, в) и средний размер около 15 мкм. Из этого следует, что первичная рекристаллизация β -фазы в сплаве начинается при температурах вблизи 840 °С. Морфология α -фазы практически не изменяется: частицы также располагаются в основном по границам β -зерен и β -субзерен, но уменьшается их объемная доля. При температуре 850 °С в структуре преимущественно фиксируются относительно равноосные β -зерна после первичной рекристаллизации размером около 50 мкм (рис. 1, г). Процесс рекристаллизации охватывает практически весь объем сплава. При этом наблюдается, что движение границ, имеющих выделения α -фазы, либо встретившие на своем пути частицы α -фазы, затрудняется. Отрезки границ, ограниченные частицами α -фазы, выгибаются и приобретают криволинейную форму. Границы, изначально свободные от α -частиц и не встретившие на пути частицы, становятся прямолинейными (рис. 1, г). Объемная доля α -фазы продолжает уменьшаться.

Нагрев сплава до температуры 860 °С обеспечивает практически полное растворение частиц α -фазы, что способствует дальнейшему росту β -зерна (рис. 1, д) до среднего размера 150 мкм. После закалки с 870 °С сплав находится в однофазном β -состоянии, отсутствие частиц α -фазы в структуре вследствие протекания собирательной рекристаллизации способствует интенсивному росту β -зерен (рис. 1, е), которые имеют полиэдрическую форму и средний размер 250 мкм.

Исходя из рассмотренных особенностей формирования структуры при нагреве под закалку в горячедеформированном сплаве ВТ22 можно заключить, что наиболее благоприятной температурой закалки можно считать температуру 830 °С. Данная температура обеспечивает получение наиболее развитой субзеренной структуры, именно такой вид структуры, согласно данных более ранних исследований [2], проведенных на данном сплаве, обеспечивает наиболее сбалансированный комплекс механических свойств, как прочностных, так и пластических.

Работа выполнена при поддержке проекта № 2329, выполняемого в рамках базовой части госзадания 2014/236 Минобрнауки РФ и при содействии программы поддержки ведущих университетов РФ в целях повышения их конкурентоспособности № 211 Правительства РФ №02.А03.21.0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Формирование структуры и свойств в высокопрочном титановом сплаве при изотермической обработке и последующем старении / А. А. Попов [и др.] // Цветные металлы. 2004. № 2. С. 41–45.
2. Полькин И. С. Упрочняющая термическая обработка титановых сплавов. М. : Металлургия, 1984. 96 с.